

К. О. ГАВРЮШЕНКО, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ

ТЕХНОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ ПОХІДНИХ РИЦИНОВОЇ КИСЛОТИ

Загальною метою представленого дослідження є визначення наукового підґрунтя технології поверхнево-активних речовин на основі амінокислот, це є актуальним для України, тому що вітчизняного виробництва таких речовин у нас немає. Практична значущість дослідження полягає в використанні отриманих поверхнево-активних речовин у складі миючих засобів замість солей алкілсульфатів. Одним з різновидів екологічно безпечних поверхнево-активних речовин, що м'яко діють на шкіру людини є ацил амінокислоти, які утворюються при дії на амінокислоту жирної кислоти. Запропоновано відносно просту в реалізації технологію біосумісних та біорозкладних поверхнево-активних речовин на основі амінокислот із використанням рицинової олії та амінооцтової кислоти як основної сировини. За результатами ІЧ-спектроскопії показано, що отримані ПАВ належать до амідів. Визначено їх основні поверхнево-активні властивості – поверхневий натяг та критичну концентрацію мицеллоутворення. Отримані ПАВ можуть бути використані у складі косметичних та миючих засобів, або самостійно у вигляді водного розчину.

Ключові слова: поверхнево-активна речовина, амоніліз, рицинова олія, гліцин, поверхневий натяг, ацил амінокислота.

Е. А. ГАВРЮШЕНКО, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ РИЦИНОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

Общей целью представленного исследования является определение научной базы технологии поверхностно-активных веществ на основе аминокислот, это актуально для Украины, потому что отечественного производства таких веществ у нас нет. Практическая значимость исследования заключается в использовании полученных поверхностно-активных веществ в составе моющих средств вместо солей алкилсульфатов. Одной из разновидностей экологически безопасных поверхностно-активных веществ, которые мягко действуют на кожу человека есть ацил аминокислоты, которые образуются при воздействии на аминокислоту жирной кислоты. Предложено относительно простую в реализации технологию биосовместимых и биоразлагаемых поверхностно-активных веществ на основе аминокислот с использованием касторового масла и аминокислоты в качестве основного сырья. По результатам ИК-спектроскопии показано, что полученные ПАВ относятся к амидам. Определено их основные поверхностно-активные свойства - поверхностное натяжение и критическую концентрацию мицеллообразования. Полученные ПАВ могут быть использованы в составе косметических и моющих средств, либо самостоятельно в виде водного раствора.

Ключевые слова: поверхностно-активное вещество, аммонолиз, касторовое масло, глицин, поверхностное натяжение, ацил аминокислота.

К. О. HAVRIUSHENKO, F. F. GLADKIY

TECHNOLOGY OF SURFACE-ACTIVE RICINIC ACID DERIVATIVES

The overall purpose of the presented study is to determine the scientific basis of the technology amino acids based surfactants, this is relevant for Ukraine, because we don't have such production of domestic substances. The practical significance of the study is to use the surfactants obtained in the composition of detergents instead of alkyl sulfate salts. One of the varieties of environmentally friendly surfactants that have a gentle effect on human skin is acyl amino acids, which are obtained by the reaction of amino acids with fatty acids. A relatively simple to implement technology for biocompatible and biodegradable surfactants based on amino acids with the use of castor oil and aminoacetic acid as the main raw material is proposed. The results of IR spectroscopy show that the surfactants obtained are amides. Their basic surface-active properties are defined - surface tension and critical concentration of micelle formation. The obtained surfactants can be used in the composition of cosmetics and detergents, or independently in the form of an aqueous solution.

Keywords: surfactant, ammonolysis, castor oil, glycine, surface tension, acyl amino acid.

Вступ. Відомо, що в світі зростає попит на косметичні та миючі засоби, основу яких складають біорозкладні, корисні та безпечні для людини поверхнево-активні речовини (ПАВ) синтезовані з використанням амінокислот. ПАВ з відновлюваної сировини, що імітують природні ацил амінокислоти, є одним із бажаних варіантів для харчових, фармацевтичних та косметичних застосувань, оскільки вони сприятливо взаємодіють зі шкірою і волоссям, мають низьку токсичність, гіпоалергенні, не викликають подразнення очей і легко піддаються біологічному розкладанню.

Крім того, поверхнево-активні речовини на основі амінокислот мають кращу стабільність по відношенню до жорсткої води, а більшість з них мають відмінну емульгуючу здатність і антимікробну дію, що робить їх цінними в якості добавок в рецептурі харчових продуктів, косметики, засобів особистої гігієни і фармацевтичних препаратів [1–3]. Тому створення нових та удосконалення вже існуючих методів отримання ПАВ на основі амінокислот є надзвичайно актуальним.

© Гаврюшенко К.О., Гладкий Ф.Ф., 2020

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Ацил амінокислоти є модифікованими жирними кислотами, в яких вуглеводневі ланцюги перериваються амідним зв'язком, що надає їм більшу розчинність та покращує адсорбційні характеристики [4].

В промисловості поверхнево-активні речовини на основі амінокислот отримують реакцією Шоттена-Баумана. Хлорангідрид жирної кислоти взаємодіє з натрієвою сіллю амінокислоти в присутності лужного каталізатора [5, 6], потім продукт реакції оброблюють соляною кислотою для отримання ацил амінокислоти.

Але, вищезазначений спосіб, включає стадію отримання хлорангідридів жирних кислот шляхом дії трихлориду фосфору (PCl_3) або тіонілхлориду (SOCl_2) на жирну кислоту. Цю реакцію, зазвичай, каталізує N,N – диметилформамід (ДМФА), що утворює комплекс з тіонілхлоридом. Виділити хлорангідриди жирних кислот з комплексу дуже важко, навіть при дистиляції. ДМФА є токсичною речовиною, тому забруднення ним кінцевого продукту реакції недопустимо [6].

Відомі способи одержання ацил амінокислот з використанням ферментів [7, 8]. Ферментативні реакції є альтернативними, за рахунок м'яких умов процесу та обмеженого використання хімічних речовин, але потребують більше часу та більш дорогих інгредієнтів, при низькому виході.

В роботі [9] синтез кокоіл гліцину проводиться з кокосової олії та гліцинату натрію, минаючи стадію одержання хлорангідридів жирних кислот, з наступною обробкою соляною кислотою (HCl). Цей процес спрощується в порівнянні з конденсацією Шоттена-Баумана та презентується як екологічно чистий спосіб, але використання в якості каталізатора метилату натрію є не доцільним, оскільки він є токсичною речовиною, спричиняє опіки шкіри та слизових оболонок. Метилат натрію швидко втрачає каталітичну активність внаслідок підвищеної реакційної здатності (при зберіганні реагує з вологим повітрям, діоксидом вуглецю та ін.) [10]. Використання в якості основної сировини кокосової олії значно підвищує ціну готового продукту, тому що цей вид олійної культури не є характерним для регіонів з помірно-континентальним кліматом. Імпорт кокосової олії для виробництва даного продукту не є рентабельним та значно здорожує його собівартість. Застосування кокосової олії обумовлене наявністю в його складі лауринових та міристинових жирних кислот, невелика довжина їхнього вуглеводневого ланцюга забезпечує більш ефективне розчинення отриманих ПАР у воді.

Нами зазначена можливість використання рицинової олії для отримання поверхнево-активних похідних на основі амінокислот [11].

Рицинова олія містить 80–85 % 12-гідроксистеаринової кислоти, наявність ОН групи в

якій забезпечує більшу полярність молекули [12] цільового продукту та відповідно більшу його розчинність у воді, що являється альтернативою жирним кислотам кокосової олії. Крім того, рицинова олія гарно діє на шкіру та волосся, що являється одним із аспектів використання її в якості інгредієнта для виготовлення ПАР. Вона здатна посилювати синтез колагену, заживляє запалення та активізує роботу волоссяних фолікул [13]. При взаємодії рицинової кислоти та гліцину утворюється молекула ПАР з амідним зв'язком, що також забезпечує більшу розчинність та поліпшує поверхнево-активні характеристики. Подібні ПАР можна застосовувати при виготовленні шампунів та миючих засобів, оскільки вони є гіпоалергенними та мають низьку токсичність [3]. Відомо, що аніоноактивні речовини складають більшу частину світового виробництва ПАР. Саме ці ПАР краще інших видаляють бруд з контактних поверхонь. Тому без них не обходиться жодний миючий засіб. Проте, миючі засоби на основі традиційних ПАР чутливі до солей жорсткості води. Йони Ca^{2+} та Mg^{2+} руйнують поверхнево-активний аніон. В результаті зменшується поверхнево-активні властивості таких засобів, а в дуже жорсткій воді вони втрачаються. Ацил амінокислоти являються більш стійкими до солей жорсткості, мають протимікробну дію, також являються гарними емульгаторами [14, 15].

Пізніше авторами [2] підтверджена ефективність використання рицинової кислоти як сировини для виготовлення ПАР на основі амінокислот.

Метою роботи є створення більш простої економічної, в порівнянні із вже існуючими, технології поверхнево – активних похідних амінокислот, яку можливо було б застосовувати в промислових масштабах.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- розробка способу одержання поверхнево-активних похідних жирних та амінокислот;
- визначення ступеня перетворення вихідних компонентів в цільовий продукт;
- визначення основних поверхнево-активних властивостей отриманого продукту, а саме поверхневого натягу, критичної концентрації мицелюутворення (ККМ) та піноутворюючої здатності;
- аналіз отриманих результатів.

Матеріали і методи дослідження.

Для проведення реакції амонілізу рицинової олії було використано наступні матеріали: олія рицинова, гліцерин, гідроксид натрію, амінооцтова кислота, вода дистильована.

Інфрачервоні спектри (ІЧ) були записані за допомогою спектрофотометра Specord 75 IR при кімнатній температурі.

Визначення поверхневого натягу водного розчину ПАР здійснювалось методом найбільшого тиску бульбашки повітря.

Значення ККМ було прийнято при перетині лінійних ділянок значень поверхневого натягу та логарифму концентрації ПАР.

Ступінь перетворення рицинової олії в кінцевий продукт розрахований шляхом визначення вмісту азоту в амідокислоті методом К'ельдаля та її числа нейтралізації.

Методика проведення дослідження.

1. Отримання аміду рицинової кислоти та гліцинату натрію.

Гліцинат натрію був отриманий шляхом реакції нейтралізації гліцину за допомогою водного розчину їдкого натру. Після чого, кількість гліцинату натрію та рицинової олії (кислотне число олії 0,8 мг їдкого калію КОН/г [16]) в мольному співвідношенні 1 : 3, поміщають до тригорлої колби, додають каталізатор – гліцерат натрію у кількості 0,3 % від маси реагуючих речовин. Каталізатор був приготований згідно з [9]. Суміш нагрівають при перемішуванні 4,5 годин. Температура процесу 160 °С. В результаті реакції одержуємо амід рицинової олії та натрієвої солі гліцину – натрієва сіль рициноіл гліцину. Реакційна суміш має коричневий колір, її охолоджують до 60 °С та розчиняють у воді. 20%-й водний розчин має світло-коричневий колір, є прозорим та однорідним, рН розчину близько 7. До

водного розчину додають 0,5 Н соляною кислотою (HCl), в результаті утворюється біла кремоподібна маса. Масу промивають водою та висушують при 105 °С до постійної маси. Після чого визначають число нейтралізації отриманої кислоти, що дорівнює 110 мг КОН/г. Порівнюючи визначене та теоретично розраховане число нейтралізації ступінь перетворення рицинової олії в амідокислоту складає 70%. Також, методом К'ельдаля визначено вміст азоту в отриманій кислоті, що дорівнює 1,6%, теоретично розрахована кількість азоту дорівнює 3,94%. Інфрачервоні спектри, приведені на рисунку 1, підтверджують наявність амідної групи в молекулі рициноіл гліцину [17].

2. Характеристика натрієвої солі рициноіл гліцину

Для доказу належності одержаного продукту до заявленого класу речовин отримані інфрачервоні спектри. На рисунку 1 представлені ІЧ спектри амідокислоти, отриманої нейтралізацією соляною кислотою натрієвої солі рициноіл гліцину. Для зняття спектру амідокислоту (яка при кімнатній температурі є мазеподібною речовиною) розчинили в вазеліновій олії, тому для порівняння на рисунку 2 наведений ІЧ спектр чистої вазелінової олії.

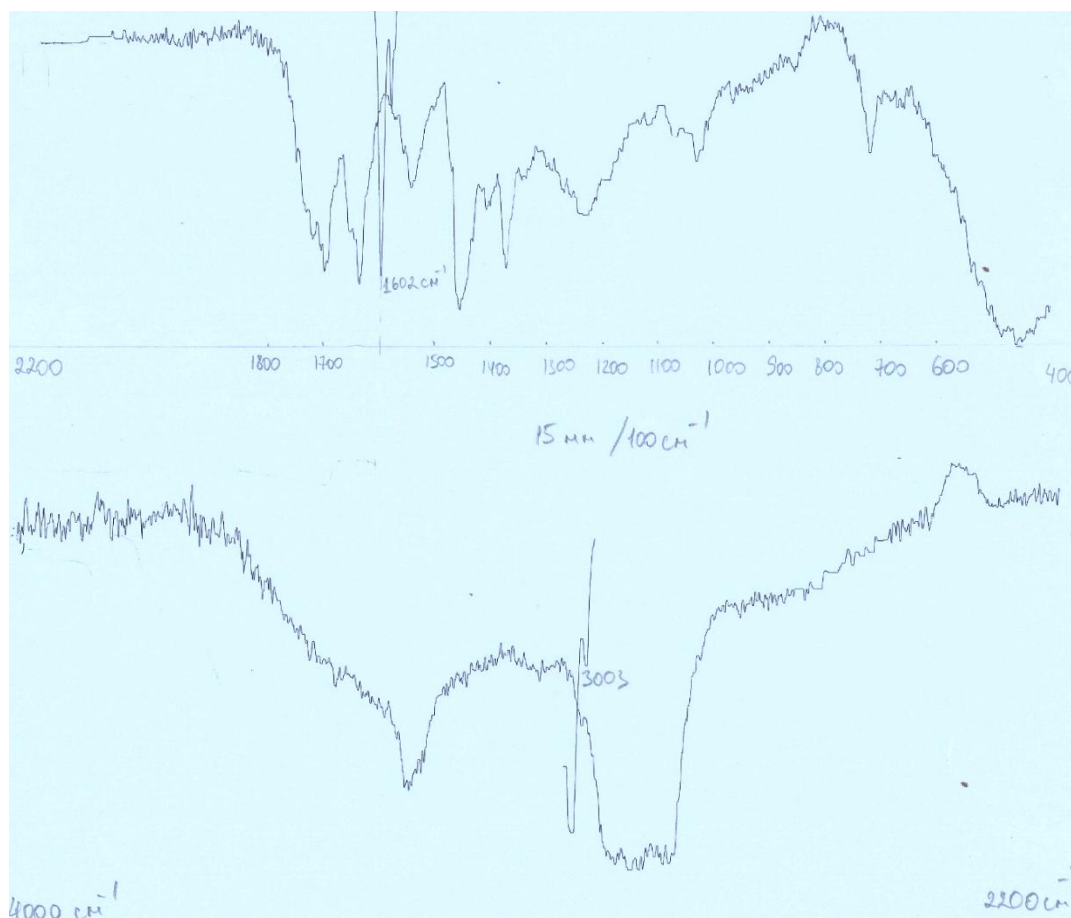


Рис. 1 – ІЧ спектр амідокислоти

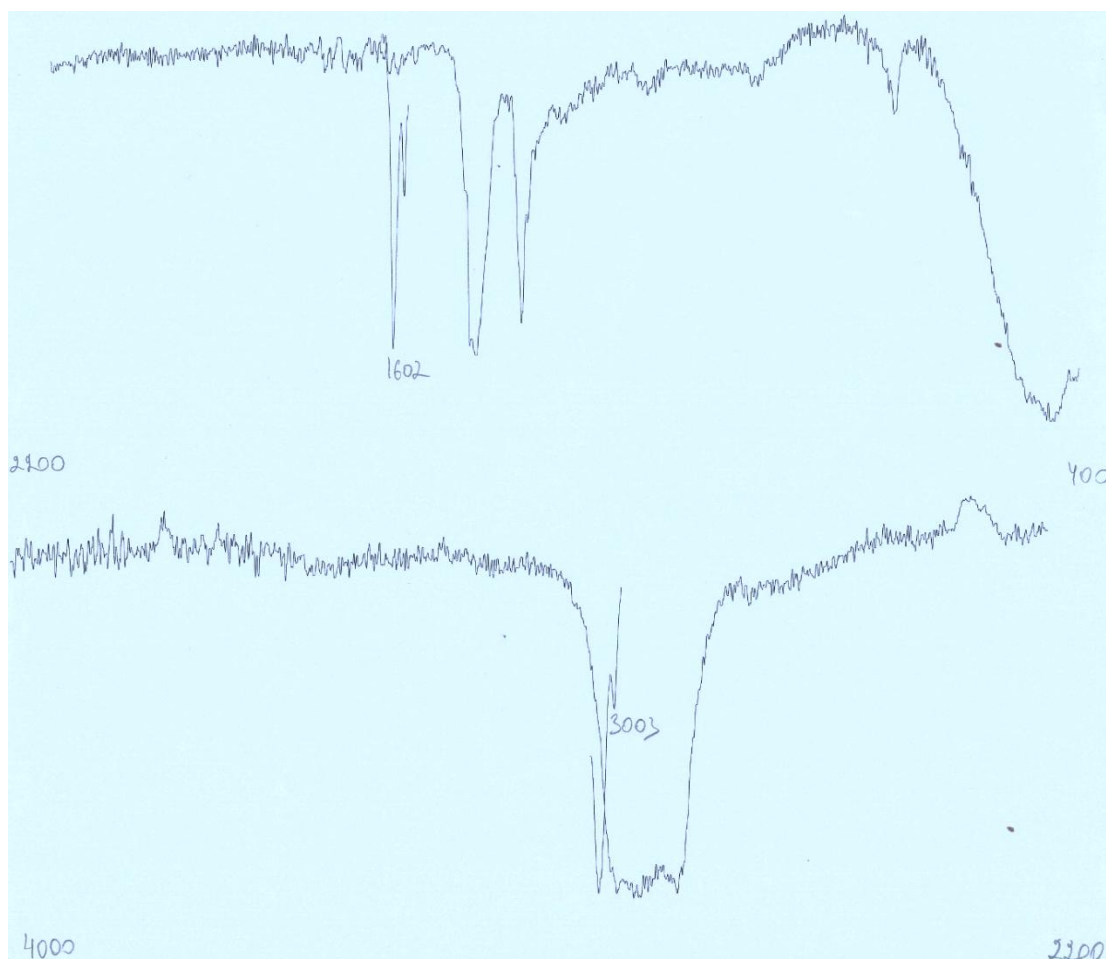


Рис. 2 – ІЧ спектр вазелінової олії

Як видно з рис. 1 в області 1635 см^{-1} та 3303 см^{-1} відбувається поглинання інфрачервоного випромінювання, що характерно для амідної групи [17].

3. Визначення поверхневого натягу.

Натрієва сіль рициноіл гліцина представляє собою аніонактивну ПАР.

Для визначення поверхневого натягу було приготовлено серію водних розчинів концентрацією від 0,02 г/мл до 0,000625 г/мл.

Результати визначення поверхневого натягу отриманої натрієвої солі рициноіл гліцина наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Поверхневий натяг розчинів натрієвої солі рициноіл гліцина

№	Концентрація, %	Поверхневий натяг, мН/м
1	2,000	35,9
2	1,000	36,7
3	0,500	37,6
4	0,250	44,3
5	0,125	49,3
6	0,062	50,2

Зміну поверхневого натягу розчинів натрієвої солі рициноіл гліцина зображено на рис. 3.

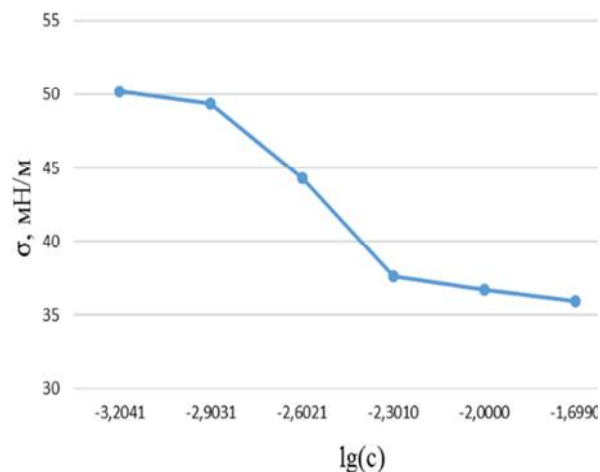


Рис. 3 – Ізотерма поверхневого натягу для натрієвої солі рициноіл гліцина при 25 °С.

Критична концентрація міцелотворення (ККМ) отриманих ПАР була визначена шляхом аналізу ізоTERM поверхневого натягу.

Максимальна концентрація ПАР на поверхні розділу фаз визначена із рівняння Гіббса:

$$\Gamma_{\max} = - \frac{c}{RT} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta c} \quad (1)$$

де Γ_{\max} – надлишкова адсорбція ПАР, моль/м²;
 c – молярна концентрація ПАР в розчині, моль/л;

R – газова постійна, Дж/моль·К;

T – температура, при якій відбувається адсорбція, К;

$\frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$ – зміна поверхневого натягу розчину при зміні концентрації на Δc .

Дана величина характеризує адсорбційну здатність ПАР на границі розділу фаз, тобто по мірі додавання ПАР його молекули починають адсорбуватись в поверхневому шарі та знижувати поверхневий натяг.

Коли концентрація ПАР на поверхні більше, ніж в об'ємі, то спостерігається зменшення поверхневого натягу внаслідок утворення на межі поділу фаз адсорбованого шару. В цьому випадку $\Gamma_{\max} > 0$, при цьому величина поверхневої активності $\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} > 0$. При нестачі речовини в поверхневому шарі $\Gamma_{\max} < 0$, тобто ПАР з поверхні переходить в розчин.

Виграш енергії (вільна енергія міцелоутворення, ΔG) при самовільному розподілу розчиненої речовини між водним розчином, адсорбційним шаром та міцелою знаходимо за формулою 3.2:

$$\Delta G = - RT \ln(N_M/N_A) \quad (3.2)$$

де N_M – мольна частина ПАР в міцелі;

N_A – мольна частина ПАР в адсорбційному шарі.

Результати отриманих розрахунків міжфазних показників натрієвої солі рициноіл гліцину наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунків міжфазних показників натрієвої солі рициноіл гліцину

Показник дослідження	Величина
ККМ, моль/л	0,026
σ , мН/м	36,7
Γ_{\max} , нмоль/м ²	6,0
ΔG , кДж/моль	-18,9

4. Визначення піноутворюючої здатності.

Висота піни (мм) водних розчинів ПАР різної концентрації визначалась з 5 мл розчину. Результати визначення піноутворюючої здатності для розчинів натрієвої солі рициноіл гліцину (висота стовпу рідини – 35 мм; H_5/H_0 , % – відношення висоти стовпа піни через 5 хвилин до початкової висоти) наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Піноутворююча здатність розчинів натрієвої солі рициноіл гліцину

№	Концентрація, %	Початкова висота піни	Висота піни через 5 хв.	H_5/H_0 , %	Кратність піни, %
1	2,000	152	110	72,36	434,28
2	1,000	120	85	70,80	342,85
3	0,500	113	97	85,84	322,85
4	0,250	80	12	15,00	228,57
5	0,012	32	4	12,50	91,43
6	0,062	15	1	6,60	42,86

Зміну стійкості піни та її кратність в залежності від концентрації розчину натрієвої солі рициноіл гліцину наведено на рис. 4.

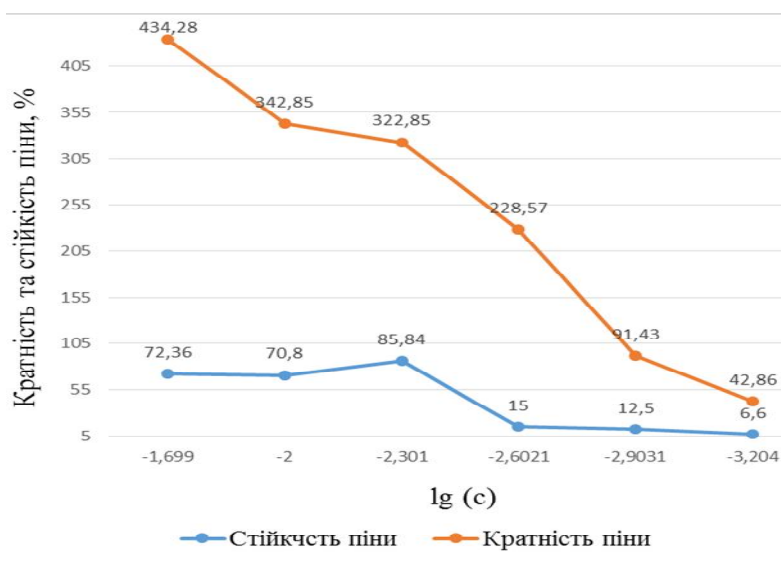


Рис. 4 – Залежність параметрів піни від концентрації розчинів

Результати досліджень свідчать, що найбільша стійкість піни властива розчинам з концентрацією 0,005 г/мл.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Показано можливість отримання поверхнево-активних похідних амінокислот шляхом амонілізу рицинової олії натрієвою сіллю гліцину.

Встановлено, що зазначені солі мають високу розчинність в воді і є ефективними поверхнево-активними речовинами.

Запропоновано використовувати натрієві солі рициноїл гліцину в складі миючих засобів для особистої гігієни, замість солей алкілсульфатів, враховуючи сприятливий вплив на шкіру людини складових частин нового продукту – рицинової і амінооктової кислот.

Перспективним розвитком цього напрямку є можливість розширення області застосування ПАР на основі амінокислот, а саме використання натрієвої солі рициноїл гліцину у ролі компонента, що пригнічує появу пліснявих грибів та іншої мікрофлори у складі харчових продуктів.

Наявність ацильної групи рицинової кислоти забезпечує розчинність, отриманого ПАР у воді та ефективну солюбілізацію відносно полярних речовин, а тому натрієву сіль рициноїл гліцину можна застосовувати як емульгатор для косметичних засобів та продуктів харчування.

Список литературы

- Infante, M. R. Amino acid-based surfactants [Text] / M.R. Infante, L. Pérez, A. Pinazo, P. Clapes, M. C. Moran, M. Angelet, M. P. Vinardell // *Comptes Rendus Chimie*. – 2004. Vol. 7, Issue 6 – 7. – P. 583–592. doi: 10.1016/j.crci.2004.02.009
- Liu, C. Interfacial activities and aggregation behaviors of N-acyl amino acid surfactants derived from vegetable oils [Text] / C. Liu, Y. Wang, C. Chai, S. Ullah, G. Zhang, // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2018. – Vol. 559. – P. 54-59. doi: 10.1016/j.colsurfa.2018.09.042
- Tripathy, D. B. Synthesis, chemistry, physicochemical properties and industrial applications of amino acid surfactants: A review [Text] / D. B. Tripathy, A. Mishra, J. Clark, T. Farmer // *Comptes Rendus Chimie*. – 2017. – Vol. 21, Issue 2. – P. 112–130. doi: 10.1016/j.crci.2017.11.005
- Lanigan, R. S. Final Report on the Safety Assessment of Cocoyl Sarcosine, Lauroyl Sarcosine, Myristoyl Sarcosine, Oleoyl Sarcosine, Stearoyl Sarcosine, Sodium Cocoyl Sarcosinate, Sodium Lauroyl Sarcosinate, Sodium Myristoyl Sarcosinate, Ammonium Cocoyl Sarcosinate, and Ammonium Lauroyl Sarcosinate [Text] // *International Journal of Toxicology*. – 2001. – Vol. 20, Issue 1. – P. 1–14. doi: 10.1080/10915810152902547X
- Mhaskar, S.Y. Synthesis of N-acyl aminoacids and correlation of structure with surfactant properties of their sodiumsalts [Text] / R.B.N. Prasad, G. Lakshminarayana // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 1990. – Vol. 67, Issue 12. – P. 1015-1019. doi: 10.1007/BF02541868
- Pat. US20150141682A1 Method to Produce N-Acyl Amino Acid Surfactants Using N-Acyl Amino Acid Surfactants or the Corresponding Anhydrides as Catalysts // Nirmal Koshti, Bharat Bhikaji Parab, Rajendra Subhash Powale, Archana Kishor Desai, Kamlesh Keshwar Barai, Pradnya Mandar Katdare, Bhagyesh Jagannath Sawant, Santosh Vishnu Kadam, Srinivas Uppalaswamy Pilli// Publ. 21.05.2015.
- Fait, M.E. Biocatalytic synthesis, antimicrobial properties and toxicity studies of arginine derivative surfactants [Text] / M. E. Fait, G. L. Garrote, P. Clapés, S. Tanco, J. Lorenzo, S. R. Morcelle // *Amino Acids*. – 2015. – Vol. 47, Issue 7. – P. 1465-1477. doi: 10.1007/s00726-015-1979-0
- Bidin, H. Optimization of Lipase- Catalyzed Synthesis of Palm Amino Acid Surfactant Using Response Surface Methodology (RSM) [Text] / H. Bidin, M. Basri, S. Radzi. // *Industrial Crops and Products*. – 2009. – Vol. 30, Issue 2. – P. 206-211. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.03.006
- Zhang, G. Green Synthesis, Composition Analysis and Surface Active Properties of Sodium Cocoyl Glycinate [Text] / G. Zhang, B. Xu, F. Han. // *American Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – Issue 4. – P. 445–450. doi: 10.4236/ajac.2013.49056
- Pat. 100531 UA, МПК A23D 9/02. Спосіб переетерифікації олій та жирів/Демидов І. Н.; заявитель и патентообладатель – Демидов И.Н.; заявл. 02.03.15; опубл. 27.07.15, Бюл. № 14.
- Гаврюшенко К.О., Федоров В.А., Литвиненко О.А., Гладкий Ф.Ф. Новий ефективний компонент косметичних продуктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 215.
- Тютюнников, Б.Н. Химия жиров [Текст] / Б.Н. Тютюнников, З.И. Бухштаб, Ф.Ф. Гладкий и др. – М.: Колос, 1992. – 448 с.
- Аветисян М. Касторовое масло: польза и вред, способы применения. URL: fb.ru/article/190713/kastorovoe-maslo-dlya-chego-mojno-ispolzovat-kastorovoe-maslo-polza-i-vred-sposobyi-primeneniya (дата обращения 17.09.2019).
- Screenu, M. Synthesis, surface Active and Cytotoxicity of sodium N-acyl prolines [Text] / M. Screenu, R.B.N. Prasad, P. Sujitha, C. G. Kumar // *Journal of Oleo Science*. – 2015. – Vol. 64, Issue 11. – P. 1175-1184. doi: 10.5650/jos.ess15077
- Pinazo, A. Amino acid-based surfactants: New antimicrobial agents [Text] / M.A. Manresa, A.M. Marques, M. Bustelo, M.J. Espuny, L. P'erez // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2016. – Vol. 228. – P. 17-39. doi: 10.1016/j.cis.2015.11.007
- Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.С., Демидов І.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник. – К.: ЦНЛ, 2016. 470 с.
- Гороновский, И.Т. Краткий справочник по химии [Текст] / Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – К.: Наукова думка, 1987. 829 с.

References (transliterated)

- Infante, M. R. Amino acid-based surfactants [Text] / M.R. Infante, L. Pérez, A. Pinazo, P. Clapes, M. C. Moran, M. Angelet, M. P. Vinardell // *Comptes Rendus Chimie*. – 2004. Vol. 7, Issue 6 – 7. – P. 583–592. doi: 10.1016/j.crci.2004.02.009
- Liu, C. Interfacial activities and aggregation behaviors of N-acyl amino acid surfactants derived from vegetable oils [Text] / C. Liu, Y. Wang, C. Chai, S. Ullah, G. Zhang, // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2018. – Vol. 559. – P. 54–59. doi: 10.1016/j.colsurfa.2018.09.042
- Tripathy, D. B. Synthesis, chemistry, physicochemical properties and industrial applications of amino acid surfactants: A review [Text] / D. B. Tripathy, A. Mishra, J. Clark, T. Farmer // *Comptes Rendus Chimie*. – 2017. – Vol. 21, Issue 2. – P. 112–130. doi: 10.1016/j.crci.2017.11.005
- Lanigan, R. S. Final Report on the Safety Assessment of Cocoyl Sarcosine, Lauroyl Sarcosine, Myristoyl Sarcosine, Oleoyl Sarcosine, Stearoyl Sarcosine, Sodium Cocoyl Sarcosinate, Sodium Lauroyl Sarcosinate, Sodium Myristoyl Sarcosinate, Ammonium Cocoyl Sarcosinate, and Ammonium Lauroyl Sarcosinate [Text] // *International Journal of Toxicology*. – 2001. – Vol. 20, Issue 1. – P. 1–14. doi: 10.1080/10915810152902547X
- Mhaskar, S.Y. Synthesis of N-acyl aminoacids and correlation of structure with surfactant properties of their sodiumsalts [Text] / R.B.N. Prasad, G. Lakshminarayana // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 1990. – Vol. 67, Issue 12. – P. 1015–1019. doi: 10.1007/BF02541868
- Pat. US20150141682A1 Method to Produce N-Acyl Amino Acid Surfactants Using N-Acyl Amino Acid Surfactants or the Corresponding Anhydrides as Catalysts // Nirmal Koshti, Bharat Bhikaji Parab, Rajendra Subhash Powale, Archana Kishor Desai, Kamlesh Keshwar Barai, Pradnya Mandar Katdare, Bhagyesh Jagannath Sawant, Santosh Vishnu Kadam, Srinivas Uppalaswamy Pilli // *Publ.* 21.05.2015.
- Fait, M.E. Biocatalytic synthesis, antimicrobial properties and toxicity studies of arginine derivative surfactants [Text] / M. E. Fait, G. L. Garrote, P. Clapés, S. Tanco, J. Lorenzo, S. R. Morcelle // *Amino Acids*. – 2015. – Vol. 47, Issue 7. – P. 1465–1477. doi: 10.1007/s00726-015-1979-0
- Bidin, H. Optimization of Lipase- Catalyzed Synthesis of Palm Amino Acid Surfactant Using Response Surface Methodology (RSM) [Text] / H. Bidin, M. Basri, S. Radzi. // *Industrial Crops and Products*. – 2009. – Vol. 30, Issue 2. – P. 206–211. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.03.006
- Zhang, G. Green Synthesis, Composition Analysis and Surface Active Properties of Sodium Cocoyl Glycinate [Text] / G. Zhang, B. Xu, F. Han. // *American Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – Issue 4. – P. 445–450. doi: 10.4236/ajac.2013.49056.
- Pat. 100531 UA, MPK A23D 9/02. Sposib pereeterifikacii olij ta zhiriv/Demidov I. N.; zajavitel' i patentoobladatel' – Demidov I.N.; zajavl. 02.03.15: opubl. 27.07.15, Bjul. № 14.
- Gavrjushenko K.O., Fedorov V.A., Litvinenko O.A., Gladkiy F.F. Novij effektivnij komponent kosmetichnih produktiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola C.I. – Harkiv: NTU «HPI». – P. 215.
- Tjutjunnikov, B.N. Himija zhirov [Tekst] / B.N. Tjutjunnikov, Z.I. Buhstjab, F.F. Gladkiy i dr. – M.: Kolos, 1992. – 448 p.
- Avetisjan M. Kastorovoe maslo: pol'za i vred, sposoby primeneniya. URL: fb.ru/article/190713/kastorovoe-maslo-dlya-chego-mojno-ispolzovat-kastorovoe-maslo-polza-i-vred-sposobyi-primeneniya (data obrashheniya 17.09.2019).
- Screenu, M. Synthesis, surface Active and Cytotoxicity of sodium N-acyl prolines [Text] / M. Screenu, R.B.N. Prasad, P. Sujitha, C. G. Kumar // *Journal of Oleo Science*. – 2015. – Vol. 64, Issue 11, pp. 1175–1184. doi: 10.5650/jos.ess15077
- Pinazo, A. Amino acid-based surfactants: New antimicrobial agents [Text] / M.A. Manresa, A.M. Marques, M. Bustelo, M.J. Espuny, L. P'erez // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2016. – Vol. 228. – P. 17–39. doi: 10.1016/j.cis.2015.11.007
- Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Denisova A.C., Demidov I.M. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidruchnik. – K.: CNL, 2016. 470 p.
- Goronovskij, I.T. Kratkij spravochnik po himii [Tekst] / Ju.P. Nazarenko, E.F. Nektjach. – K.: Naukova dumka, 1987. 829 p.

Надійшла (received) 19.02.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гаврюшенко Катерина Олександрівна (Гаврюшенко Екатерина Александровна, Havriushenko Kateryna Oleksandrivna) – аспірант кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-0411-6532>; e-mail: katealefarova@gmail.com

Гладкий Федір Федорович (Гладкий Федор Федорович, Gladkiy Fedir Fedorovich) – професор, доктор технічних наук, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-7995-0863>; e-mail: gladky2009@gmail.com